

Pendekatan Beberapa Metode dalam Monitoring Perubahan Garis Pantai Menggunakan Dataset Penginderaan Jauh Landsat dan SIG

(Some Approaching Methods in Coastline Change Monitoring Using Remote Sensing Dataset of Landsat and GIS)

Faizal Kasim

*Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Pertanian UNG
Jl Jenderal Sudirman No 6, Kampus Jambura UNG, Kota Gorontalo 96122
e-mail corresponding author: kasim.faizal@gmail.com*

Abstract: This paper presents some of combination methods in image interpretation approaching to remote sensing satellite dataset (Landsat) and utilizing of GIS analysis for coastal dynamic monitoring in term of coastline-change equilibrium. Description are emphasizing to the preference of combining methods for coastline fiturset extraction from Landsat dataset according to landcover features of the site research and also utilizing GIS-modification technique to prepare the spatial analysis output.

Keywords: Coastline change, Coastal monitoring, Landsat, Remote sensing, GIS

Pendahuluan

Guariglia *et al.* (2006) menerangkan bahwa garis pantai (*coastline*) didefinisikan sebagai batas antara permukaan darat dan permukaan air. Sebagai sebuah kawasan peralihan darat dan laut, pantai merupakan sebuah lingkungan yang unik dimana udara, air, dan bebatuan satu sama lainnya saling berhubungan. Fitur garis pantai berkaitan dengan berbagai proses dinamika alami yang sangat penting dalam pengelolaan kawasan pesisir. Monitoring kawasan pantai sangat penting bagi perlindungan lingkungan serta pembangunan negara. Bagi kepentingan monitoring kawasan pantai, ekstraksi garis pantai pada berbagai waktu berbeda merupakan pekerjaan mendasar (Alesheikh *et al.*, 2007). Informasi perubahan garis pantai sangat penting dalam berbagai kajian pesisir, misalnya; rencana pengelolaan kawasan pesisir, pewilayahan bahaya, studi erosi-akresi, serta analisis dan pemodelan morfodinamik pantai (Chand & Acharya, 2010).

Saat ini penggunaan dataset citra penginderaan jauh seperti Landsat dan sistim informasi geografis (SIG) berperan sangat penting sebagai sebuah metode yang murah dan mudah dalam penyediaan data liputan kawasan pesisir dan dinamika didalamnya. Pada data citra penginderaan

jauh seperti Landsat TM dan ETM, karakteristik air, vegetasi dan tanah dapat dengan mudah diinterpretasi menggunakan jenis band sinar tampak (*visible*) dan inframerah (*infrared*). Absorpsi gelombang infra merah oleh air dan reflektansi beberapa jenis panjang gelombang yang kuat terhadap jenis obyek vegetasi dan tanah menjadikan teknik kombinasi ini ideal dalam memetakan distribusi perubahan darat dan air yang diperlukan dalam pengekstraksian perubahan garis pantai.

Teknik pengekstraksian informasi perubahan garis pantai dengan menggunakan data citra penginderaan jauh kebanyakan dilakukan dengan teknik *on screen digitizing* yang terlebih dahulu dibuat kontras, deteksi sisi dengan cara *filtering*, atau segmentasi *hystogram*. Dalam paper ini diuraikan beberapa pendekatan teknik gabungan dalam kegiatan penginterpretasian garis pantai menggunakan *dataset* citra Landsat. Deskripsi juga dibuat untuk teknik analisis perubahannya di lingkungan SIG.

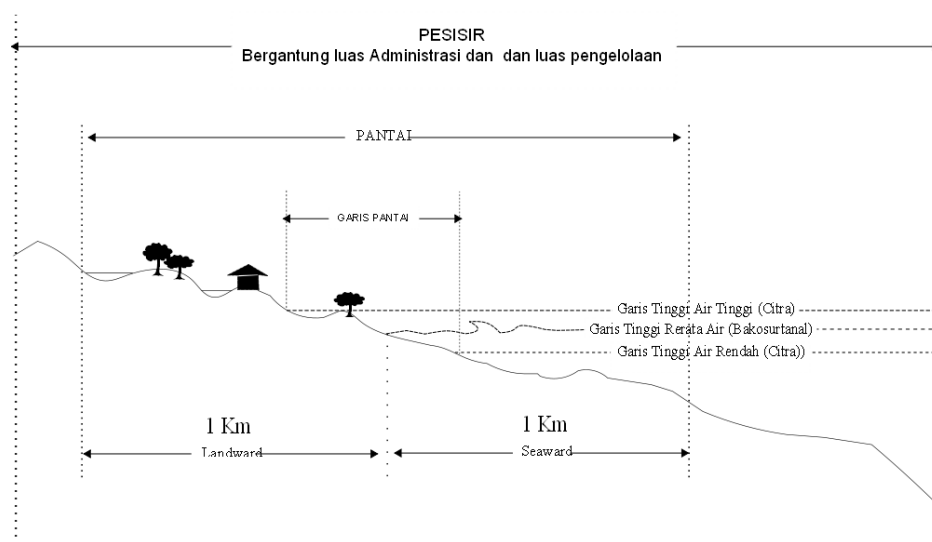
Domain dan Proksi dalam Ekstraksi Fitur Garis Pantai

Guariglia *et al.* (2006) menerangkan bahwa garis pantai (*coastline*) didefinisikan sebagai batas antara permukaan darat dan permukaan air. Terkait dengan keseimbangan dinamika alami perubahan garis pantai maka faktor-faktor yang perlu diperhatikan diantaranya adalah faktor; hidrografi, iklim, geologi, dan vegetasi.

Di lain pihak untuk pendokumentasian dan pemetaan perubahan lokasi suatu garis pantai maka dikenal beberapa proksi yang digunakan sebagai terminologi untuk menunjukkan fitur bagi batas darat-air. Beberapa proksi dalam memetakan perubahan sebuah garis pantai misalnya; garis vegetasi (*vegetation line*), garis basah dan/atau kering (*wet-dry line*), garis air pasang (*High Water line, HWL*) dan rerata tinggi air pasang (*Mean High Water, MHW*) (Morton and Miler, 2005 ; Harris *et al.* 2006 ; Fletcher *et al.* 2010).

Selain berbagai proksi datum untuk terminologi batas darat-air secara vertikal tersebut, juga terdapat terminologi untuk batas horisontal untuk menunjukkan fitur *areal* batas darat-air berdasarkan gradasi *feature* masing-masing, misalnya terminologi fitur batas (*line*) untuk kawasan pantai dan pesisir yang memiliki keragaman fitur masing-masing. Gradasi *feature* bisa berbentuk *areal (polygon)* atau juga garis batas (*line*). Sebaliknya, gradasi tersebut bisa pula berjenis temporal, spasial atau gabungan keduanya. Adanya keragaman proksi datum (vertikal) dan

keragaman gradasi *feature* bentang alam (horisontal) pada tiap lokasi penelitian maka sangat penting jika bekerja di lingkungan SIG untuk membuat batasan (domain) bagi berbagai terminologi tersebut. Contoh batasan gradasi datum dan *feature* bentang alam bagi terminologi pantai, pesisir dan garis pantai untuk kebutuhan analisis di lingkungan SIG seperti diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Contoh penetapan domain dan proksi dalam pengekstrasian berbagai fitur di kawasan pesisir menggunakan teknik penginderaan jauh dan SIG. (Sumber: Kasim, 2011A)

Dengan telah ditetapkannya domain dan proksi bagi tiap fitur maka pengekstrasian menjadi lebih mudah dan terukur. Berdasarkan penetapan seperti pada Gambar 1 maka selanjutnya domain dan proksi bagi tiap terminologi tersebut di lingkungan SIG misalnya dapat ditentukan, sebagai berikut (Kasim, 2011A) ;

- a) *Garis Pantai*: yaitu merujuk pada fitur garis (*polyline*) yang menjadi batas langsung antara permukaan badan air dengan permukaan badan daratan berdasarkan hasil deliniasi keduanya (darat-air) dalam metode ekstraksi data citra (Landsat). Dalam hal ini badan daratan digeneralisir sebagai gabungan dari kelas tanah, pasir, bebatuan serta vegetasi. Sedangkan badan air merupakan gabungan dari semua kelas badan air di mana termasuk didalamnya badan air seperti: sungai, kolam, dan tambak yang teridentifikasi berhubungan langsung dengan badan (air) laut menurut ukuran resolusi *dataset* Landsat yang digunakan (30 meter).

- b) *Pantai*: yaitu merujuk pada fitur *areal (polygon)* ke arah darat (*landward*) dan ke arah laut (*seaward*). Batas kedua arah adalah fitur garis pantai, sedangkan jarak kedua arah ditentukan menurut kebutuhan analisis yang diperlukan. Untuk contoh kebutuhan analisis gradasi fitur geo-fisik seperti: jenis bentang dan tutupan lahan (geomorfologi), elevasi (*slope*), tinggi capaian gelombang, pasang surut, serta muka laut ke arah darat, termasuk daerah (zona) berlangsungnya proses erosi dan akresi bagi perubahan garis pantai maka jarak kedua arah (*seaward* dan *landward*) dapat ditentukan menurut jarak terjauh berlangsungnya gradasi bagi tiap fitur geo-fisik tersebut.
- c) *Pesisir*: yaitu secara umum ditujukan sebagai sebuah domain bagi fitur *areal (polygon)* yang mencakup seluruh gradasi baik perubahan fitur garis pantai maupun geo-fisik. Dengan demikian fitur terminologi pesisir mencakup kawasan dan batas dari wilayah administrasi dan pengelolaan, aspek antropologi maupun lingkungan secara lebih luas.

Data Citra Landsat dalam Monitoring Perubahan Garis Pantai

Terdapat sejumlah teknik deliniasi batas darat-laut (air) yang digunakan dalam mengekstrak garis pantai. Zhao et al. (2008) menerangkan bahwa secara umum teknik-teknik ini dapat dikelompokkan ke dalam 4 kategori, semuanya memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, yaitu ;

- a) Pengukuran dengan survei lapang. Teknik ini dapat menghasilkan pengukuran dengan akurasi yang tinggi, kelemahannya membutuhkan tenaga dan waktu yang banyak serta terkadang pendekatan ini dibatasi oleh kesulitan akses ke lokasi;
- b) Teknologi altimeter modern menggunakan radar altimeter atau laser altimeter. Metode ini sangat potensial namun kekurangannya detektor yang diperlukan sangat sulit didapatkan;
- c) Pengukuran menggunakan citra foto udara. Metode ini menyediakan hasil yang cukup informatif, kelemahannya frekuensi data akuisisi yang rendah dan prosedur fotogrametrik serta akuisisi data juga pemetaan citranya yang mahal serta membutuhkan waktu yang sangat banyak;

d) Interpretasi citra satelit. Metode ini dapat memonitor cakupan wilayah yang luas dengan pengulangan sehingga bisa menyediakan data yang sesuai secara temporal bagi kajian-kajian fenomena dinamika garis pantai.

Ruiz *et al.* (2007) menerangkan bahwa penggunaan data citra dengan resolusi spasial menengah seperti SPOT dan Landsat (20-30 m/piksel) untuk aplikasi monitoring dinamika garis pantai memiliki beberapa keuntungan, yaitu: 1) ketersediaan yang mudah untuk pengamatan secara deret waktu di mana data Landsat TM bisa diperoleh sejak dekade awal 1980, serta 2) mengurangi biaya dibandingkan penggunaan jenis data beresolusi tinggi.

Monitoring Perubahan Garis Pantai

Gabungan Pendekatan Metode Interpretasi Data Citra Landsat untuk Deliniasi Garis Pantai

Ekstraksi atau deliniasi batas darat-laut menggunakan teknik penginderaan jauh data citra Landsat seperti TM dan ETM+ dapat meliputi beberapa pendekatan, yaitu: interpretasi visual, teknik berbasis nilai spektral (*differencing*, regresi citra, dan analisis nilai digital), komposit multi-data, serta analisis perubahan vektor (Lipakis *et al.* 2008). Sedangkan beberapa metode penajaman citra adalah mencakup; *spatial filtering*, komposit RGB, *rationing*, klasifikasi, *density slicing*, metode BILKO (yaitu sebuah program khusus yang dikembangkan oleh UNESCO untuk menentukan batas darat-laut berdasarkan band infra merah), serta metode algoritma AGSO (*Australian Geological Surveys Organization*) yang dikembangkan untuk memetakan citra perairan dangkal. Semua metode pendekatan penajaman citra tersebut berguna dalam membuat batas yang jelas darat-laut sehingga memudahkan dalam digitasi (Hanifa *et al.* 2007).

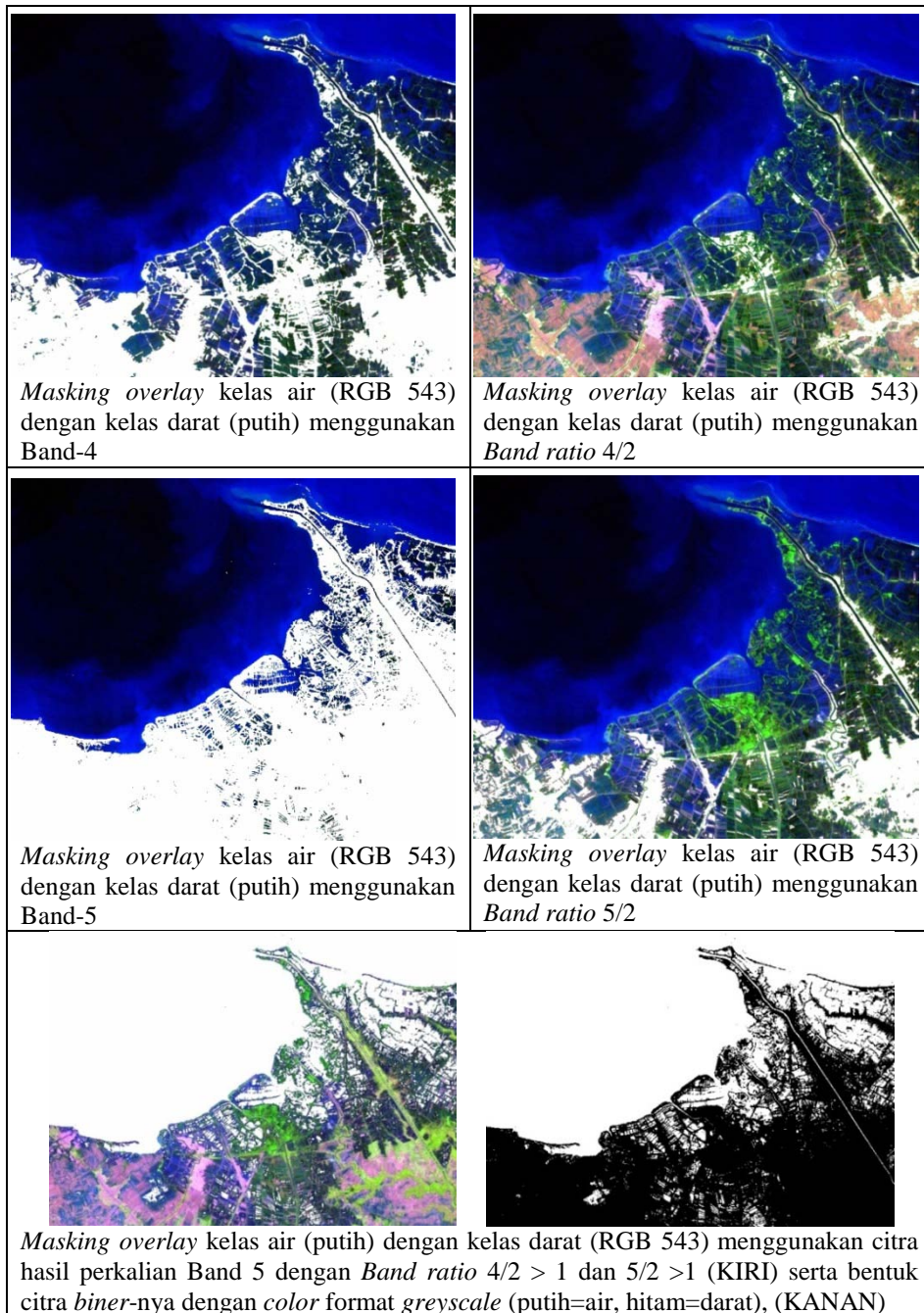
Untuk pendekatan pengestraksian garis pantai dengan metode *single band* biasa memanfaatkan Band-4, 5, dan 7. Untuk keperluan ini, Band-4 (0.75 mm – 0.90 mm) dapat digunakan untuk mengumpulkan informasi batas garis pantai yang diliputi vegetasi, sementara Band-5 (1.55 mm – 1.75 mm) dan 7 (2.08 mm – 2.35 mm) masing-masing dapat digunakan memperoleh informasi garis pantai yang ditutupi oleh tanah dan bebatuan. Pendekatan lain adalah menggunakan metode *band ratio* (*rationing*)

antara Band-4 dengan Band-2 (b4/b2) serta Band-5 dengan Band-2 (b5/b2) (Winarso *et al.* 2001). Metode gabungan band (*colour composite RGB*) juga banyak digunakan terutama untuk membantu secara visual dalam pengekekstraksian garis pantai. Beberapa gabungan band yang sering digunakan di antaranya; RGB-453, RGB-147, RGB-457, dan RGB-321. Adapun jenis *band* yang sangat sesuai untuk penentuan *threshold level slicing* untuk deliniasi garis pantai dengan data citra Landsat TM dan ETM adalah Band-5. (Winarso *et al.* 2001 ; Alesheikh *et al.* 2007 ; Hanifa *et al.* 2007).

Pilihan penerapan metode pendekatan sangat bergantung kondisi di lapangan. Contoh teknik deliniasi batas darat-air untuk pengekekstraksian garis pantai menggunakan gabungan beberapa pendekatan teknik pengolahan *dataset* Landsat berdasarkan jenis fisiografi pantai bertipe pantai landai dengan gabungan substrat berupa lumpur, tanah, pasir dan vegetasi bisa dilihat seperti pada Gambar 2. Teknik gabungan ini digunakan untuk mengatasi berbagai kekurangan masing-masing pendekatan pengolahan *dataset*.

Air memiliki nilai reflektansi hampir sama dengan nol pada jenis band infra merah, sebaliknya daratan memiliki nilai reflektansi lebih besar dari air pada jenis band ini. Oleh sebab itu teknik *single band* dapat diterapkan misalnya dengan menggunakan histogram nilai ambang bagi batas kedua fitur pada jenis band infra merah. Berbagai pengujian secara umum menunjukkan bahwa dari jenis gelombang infra merah yang terdapat pada Landsat, Band-5 yang merupakan jenis gelombang *mid-infra red* sangat baik digunakan mengekekstraksi batas air-darat. Band-5 menunjukkan perbedaan batas yang sangat kontras antara fitur air-darat disebabkan oleh energi *mid-infra merah* pada band ini sangat diabsorbsi oleh air, bahkan pada perairan yang keruh sekalipun. Sebaliknya energi tersebut dipantulkan sangat kuat oleh fitur tutupan daratan seperti vegetasi dan fitur alami lainnya seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

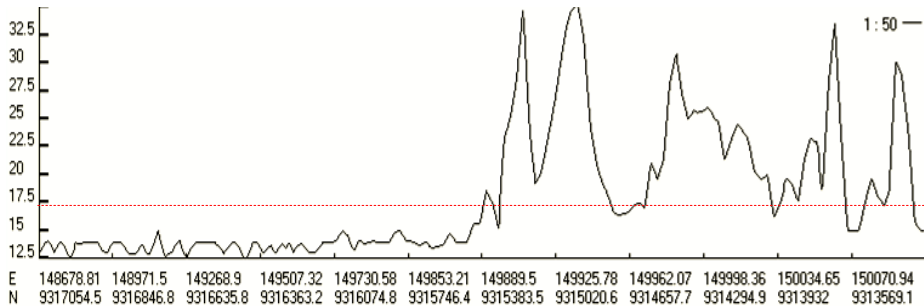
Pada analisis histogram, area transisi antara air-darat ditunjukkan oleh lembah di antara dua buah puncak yang mewakili kisaran nilai piksel campuran daerah basah pada daerah pertemuan antara air-darat (Gambar 3). Sehingga dengan memisahkan nilai reflektansi ini pada histogram yaitu nilai lebih tinggi (kelas darat) dan lebih rendah (kelas air) maka diperoleh nilai yang menjadi batas air-darat untuk mendeliniasi kedua area pada analisis citra.



Gambar 2. Perbedaan luaran dari berbagai penerapan metode pengolahan dataset Landsat dalam deliniasi batas air-darat yang menjadi fitur batas air-darat (Sumber: Kasim, 2011A)

Kekurangan penerapan metode *single band* adalah mengetahui kepastian nilai batas air-darat tersebut. Batas nilai batas reflektansi

(*threshold*) tidak berlaku sama pada semua *areal*. Perbedaan biasa muncul pada daerah yang kompleks seperti pada daerah perairan payau di mana fitur tutupan daratnya kompleks yakni merupakan campuran vegetasi dengan substrat pasir, lumpur, dan fitur alami lainnya (Gambar 3).



Gambar 3. Perbedaan nilai reflektansi yang menjadi *threshold* bagi fitur air-darat berbagai *areal* berbeda (Sumber : Kasim, 2011A)

Untuk mengatasi kekurangan metode *single band* di atas maka digunakan pendekatan metode *band-ratio (rationing)*. Dengan metode ini rasio Band-4 dan Band-2 ($b4/b2$) akan menghasilkan batas darat-air pada daerah pantai yang tertutup oleh vegetasi. Daerah darat yang tidak bervegetasi ikut terkelaskan ke dalam piksel air (laut). Sebaliknya dengan rasio Band-5 dan Band-2 ($b5/b2$) maka diperoleh garis pantai dari daerah yang tertutup oleh pasir dan tanah. Untuk memperoleh kombinasi dari kedua informasi, selanjutnya digunakan algoritma deliniasi sebagai berikut (Winarso *et al.* 2001);

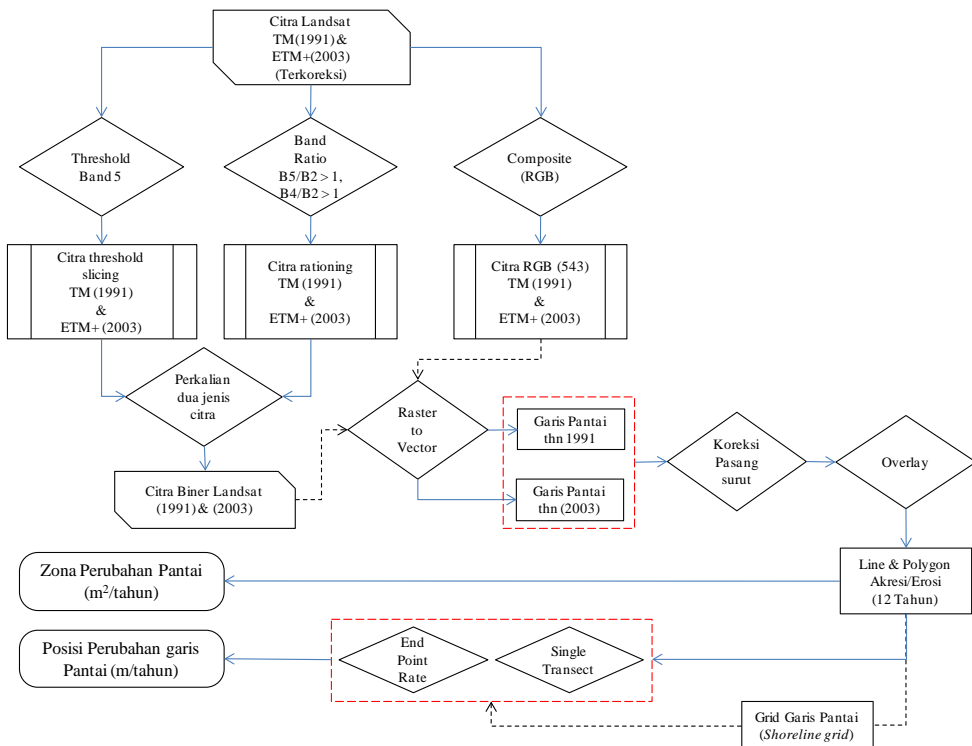
$$\text{if } \left(\frac{B4}{B2}\right) \geq 1 \text{ then } 1 \text{ else if } \left(\frac{B4}{B2}\right) \geq 1 \text{ then } 1 \text{ else } 2$$

Sebenarnya luaran deliniasi batas air-darat dari algoritma seperti di atas telah memadai untuk mengekstrak garis pantai, namun jika diamati lebih teliti terdapat kecenderungan batas air-darat yang masuk ke dalam piksel kelas air. Untuk mengatasi permasalahan tersebut sekaligus untuk mendapatkan hasil ekstraksi yang lebih baik untuk batas darat-air Alesheikh *et al.* (2007) menyarankan untuk membuat citra baru yang dibuat dari perkalian kedua jenis citra luaran (citra *single band threshold* Band-5 dan citra *band ratio*). Algoritma untuk mendapatkan jenis citra biner hasil perkalian yang merupakan gabungan pendekatan Winarso (2001) dan Alesheikh *et al.* (2007) adalah, sebagai berikut:

if $B5 \leq 17$ then 1 else 2 * if $\left(\frac{B4}{B2}\right) \geq 1$ then 1 else if $\left(\frac{B4}{B2}\right) \geq 1$ then 1 else 2

Fitur Garis Pantai untuk Monitoring Perubahan Pantai

Untuk kepentingan pemantauan dan pemetaan proses kestabilan yang terjadi pada suatu kawasan pantai, identifikasi menggunakan metode deliniasi batas air-darat sangat membantu penyediaan informasi perubahan yang berlangsung di suatu kawasan pantai dalam kurun waktu tertentu. Bergantung jenis luaran analisis yang diinginkan apakah laju perubahan dalam bentuk luasan (*areal*) atau dalam bentuk posisi (*line/point*), kedua bentuk analisis dapat dikerjakan dalam lingkungan SIG. Contoh pendekatan monitoring untuk analisis penghitungan kedua bentuk laju perubahan pantai /garis pantai disajikan pada Gambar 4.



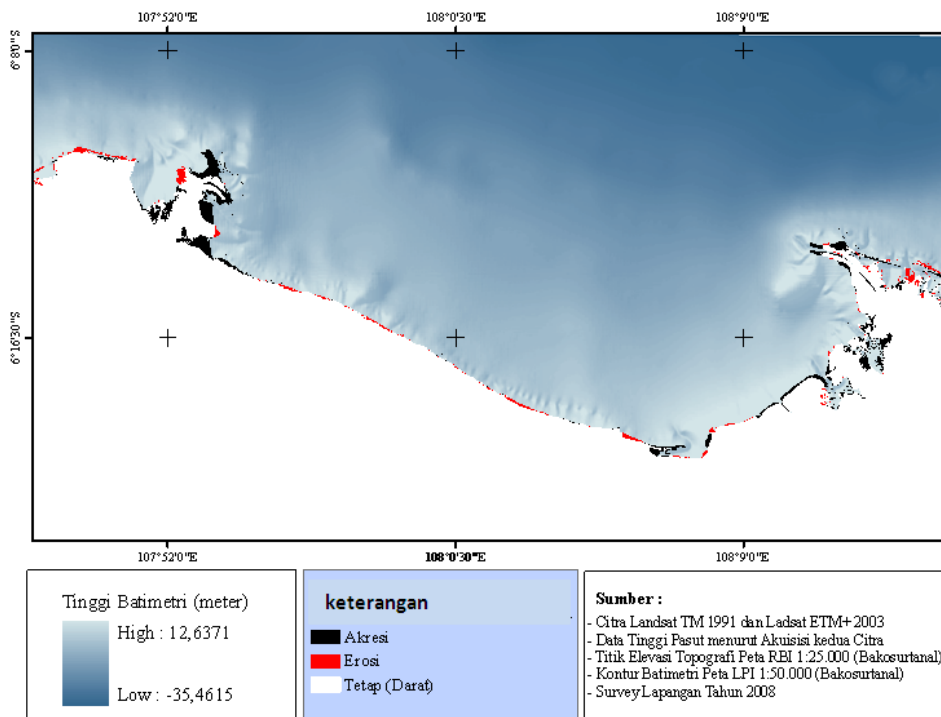
Gambar 4. Contoh teknik pendekatan pengolahan *dataset* Landsat (TM Tahun 1991 dan ETM+ Tahun 2003) untuk mendeliniasi batas darat-air dalam pegekstraksian garis pantai (*Sumber* : Modifikasi dari Kasim, 2011A)

Kedua jenis bentuk analisis pada Gambar 4, penghitungan proses kestabilan yang berlangsung dilakukan berdasarkan hasil ekstraksi fitur

garis pantai untuk dua deret waktu berbeda di mana perubahan kestabilan merupakan penambahan *areal* tanah akibat sedimentasi atau pun berkurangnya *areal* tanah akibat erosi dan abrasi. Sehingga dapat diketahui dinamika yang berlangsung pada suatu kawasan pantai.

1. Monitoring Perubahan Areal Perubahan Garis Pantai

Keperluan analisis monitoring jenis *areal* perubahan garis pantai bermanfaat dalam menyediakan informasikan tentang kawasan-kawasan mana saja yang mengalami erosi atau pun sediementasi (akresi) pada suatu kawasan pantai yang dianalisis. Analisis jenis luaran seperti ini sangat sederhana yaitu menggunakan teknik tumpang-susun (*overlay*) fitur *polygon* erosi dan/atau akresi, seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Dengan teknik ini luaran yang dihasilkan mencakup laju perubahan erosi dan atau akresi luas kawasan ($\text{meter}^2/\text{tahun}$).



Gambar 5. Contoh hasil perlakuan analisis tumpang susun (*overlay*) fitur *polygon* hasil deliniasi *fiturset* tahun berbeda tanpa perlakuan koreksi pasang surut bagi tiap *fiturset* (Kasim, 2011A).

Berdasarkan bentuk laju areal perubahan kestabilan kawasan pantai seperti pada Gambar 5 di atas, statistik luaran hasil analisis dilingkungan SIG dapat disajikan seperti pada Tabel 1.

Table 1. Contoh luaran hasil analisis *areal* perubahan kestabilan kawasan pantai berdasarkan hasil analisis *overlay fiturset polygon* dari dua deret *dataset* Landsat (Tahun 1991 dan 2003) pada suatu kawasan pantai (Sumber: Modifikasi dari Kasim, 2011A)

Jenis Luaran Analisis	Deret Waktu Monitoring	
	TM* (1991)	ETM+** (2003)
Luas (meter ²)	583.464.672,15	588.201.921,08
Akresi (meter ²)	10.430.450,28	
Erosi (meter ²)	5.693.201,87	
Rerata Laju Akresi	869204,19 meter ² /tahun atau 86,92 hektar/tahun	
Rerata Laju Erosi	474433,49 meter ² /tahun atau 47,44 hektar/tahun	

2. Monitoring Perubahan Posisi Perubahan Garis Pantai

Berbeda dengan jenis analisis perubahan *areal*, bentuk analisis perubahan posisi suatu garis pantai relatif lebih sulit. Dalam metode ini laju perubahan diekspresikan sebagai jarak posisi suatu garis pantai mengalami perpindahan atau kestabilan setiap tahun (Himmelstoss, 2009). Saat ini terdapat dua metode yang berkembang di lingkungan SIG terkait pengekstrasian informasi perubahan posisi suatu garis pantai, yaitu: metode *single-transect (ST-Method)* dan alternatifnya yaitu metode *Eigenbeaches (EX and EXT Method)* yang lahir melengkapi kekurangan metode *single transect* (Vitousek *et al.* 2009). Adapun beberapa pendekatan spasial statistika untuk penghitungan laju perubahan posisi garis pantai yang digunakan dalam metode *single transect* seperti dijelaskan oleh Dolan *et al.* (1991) dalam Thieler *et al.* (2001) adalah mencakup; *End Point Rate (EPR)*, *Average of Rates (AOR)*, *Linier Regression*, *Jackknife*, dan *Average of Eras (AOE)*.

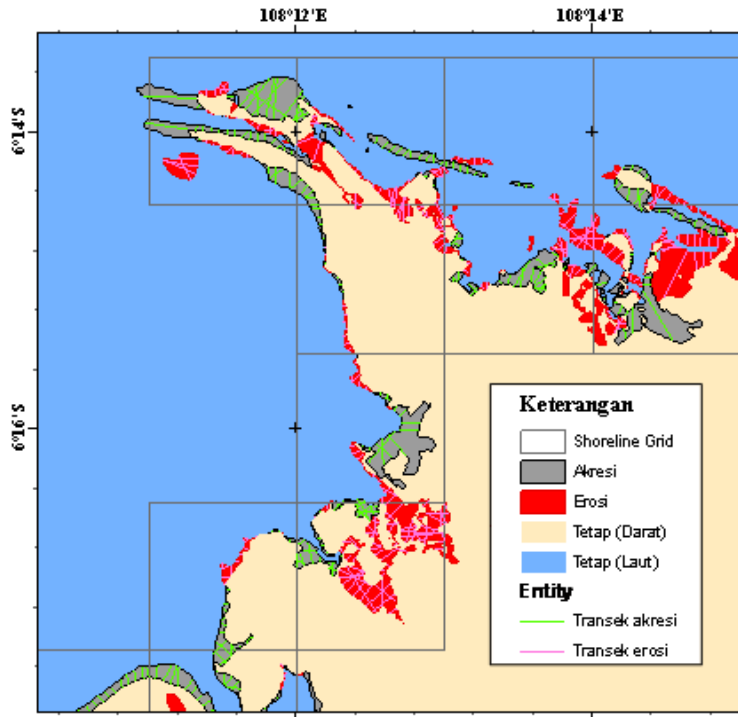
Pada metode *EPR* laju perubahan garis diekspresikan secara sederhana sebagai jarak perpindahan (meter) dari suatu posisi garis pantai dalam rentang waktu pengamatan (tahun). Sehingga secara teknis laju perubahan (meter/tahun) ditentukan dengan membagi jarak (meter) perpindahan suatu posisi garis pantai (*point feature*) menurut lamanya

rentang waktu (tahun) berlangsungnya pengamatan perubahan posisi tersebut (Thieler *et al.*2001 ; Himmelstoss, 2009 ; Hapke *et al.* 2010). Secara matematis hal ini diformulasikan sebagai berikut (Moore *et al.*, 2006 dalam Limber *et al.* 2007):

$$R_{Se} = \frac{X_0}{t}$$

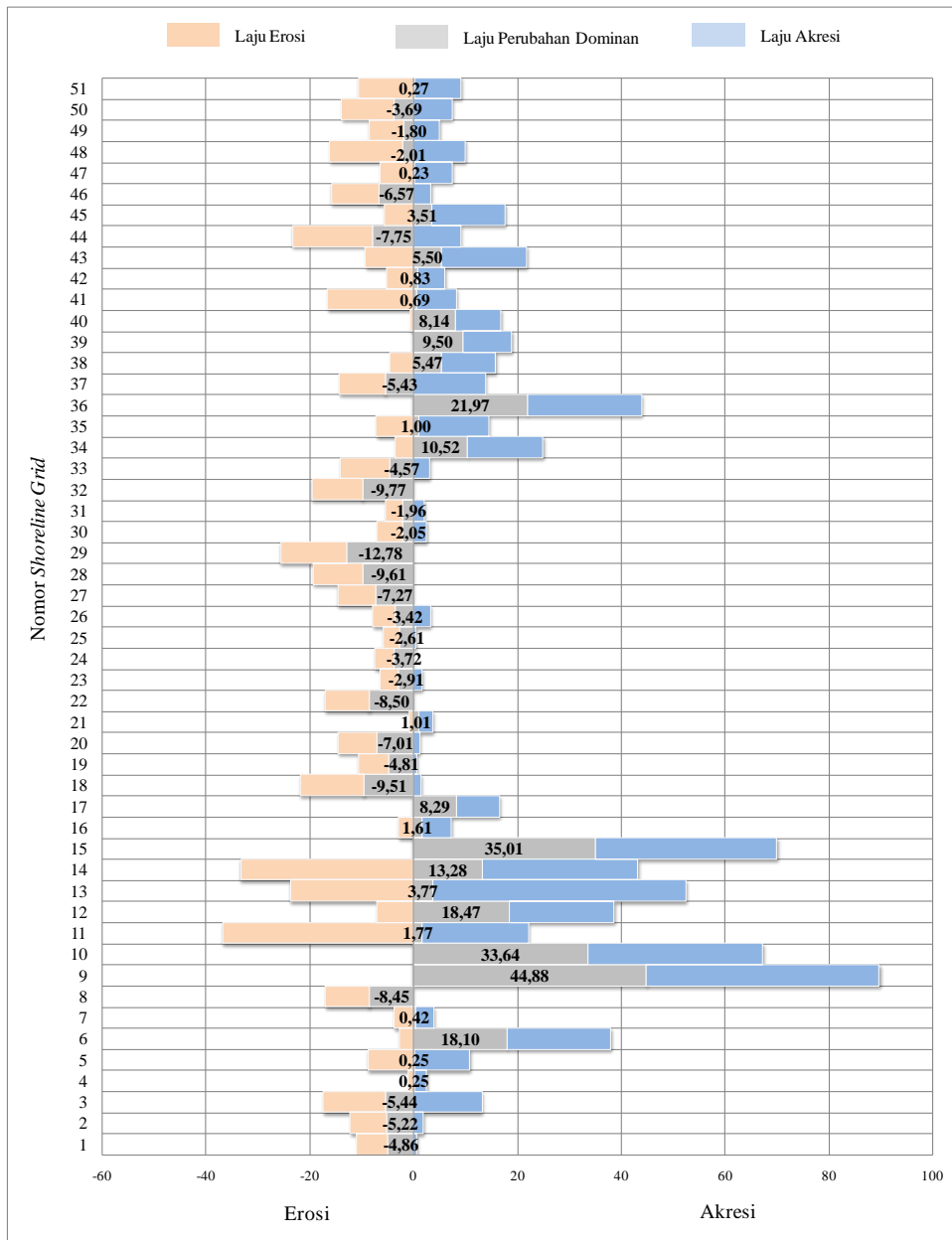
di mana R_{Se} adalah perubahan *end-point rate* (meter/tahun); X_0 adalah ukuran jarak horisontal perubahan suatu titik garis pantai (meter); serta t adalah rentang waktu (tahun) posisi garis pantai tersebut.

Contoh teknik untuk analisis laju perubahan posisi garis pantai yang mengalami akresi dan/atau erosi berdasarkan gabungan pendekatan metode *single transect* dan *end point rate* bisa dilihat seperti disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Contoh teknik analisis SIG untuk mengukur laju perubahan garis pantai menggunakan gabungan metode *single transect* dan *end point rate* berdasarkan *dataset* Landsat dua tahun berbeda (1991 dan 2003) di mana statistiknya diekspresikan sebagai rerata nilai laju akresi dan erosi tiap *shoreline grid* (Sumber: Kasim, 2011AB)

Dengan pendekatan gabungan *single transect* dan *end point rate* tersebut laju analisis perubahan posisi garis pantai dalam kurun waktu pengamatan (meter/tahun) dapat dengan mudah disajikan seperti disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Contoh diagram monitoring rerata laju perubahan garis pantai (meter/tahun) dalam tiap *shoreline grid* sepanjang pantai yang amati (Sumber: Kasim, 2011B)

Kesimpulan

Penggunaan data citra satelit dan teknik sistim informasi geografis (SIG) bermanfaat dalam memonitoring proses kestabilan suatu kawasan pantai. Pilihan terhadap metode pengintrespestan data citra Landsat dalam analisis dinamika pantai seperti laju perubahan kestabilan pantai sangat bergantung kondisi bentang alam kawasan yang dianalisis. Di lain pihak, dengan perkembangan teknologi di bidang SIG berupa *tools* dan *pluggin* yang semakin disempurnakan memungkinkan berkembangnya berbagai pendekatan pemecahan masalah analisis spasial melalui pendekatan gabungan metode serta modifikasi berbagai teknik yang telah ada.

Daftar Pustaka

- Alesheikh AA, Ghorbanali A, Nouri N. 2007. Coastline Change Detection Using Remote Sensing. *Int J Environ Sci Tech.* 4 (1): 61-66.
- Chand P and Acharya P. 2010. Shoreline Change and Sea Level Rise Along Coast of Bhitarkanika Wildlife Sanctuary, Orissa: an Analytical Approach of Remote Sensing and Statistical Techniques. *Int J Geom and Geosci*, 1(3):436-455
- Fletcher CH, Romine BM, Genz AS, Barbee MM, Dyer M, Anderson TR, Lim SC, Vitousek S, Bochicchio C, Richmond BM. 2010. National Assessment of Shoreline Change: Historical Shoreline Changes in the Hawaiian Islands. US Dep Inter-USGS, Virginia
- Guariglia A, Arcangela B, Angela L, Rocco S, Maria LT, Angelo Z, Antonio C. 2006. A Multisource Approach for Coastline Mapping and Identification of Shoreline Changes. *Annals of Geophys* 49 (1):295–3 04
- Hanifa NR, Djunarsjah E, Wikantika K. 2007. Reconstruction of Maritime Boundary between Indonesia and Singapore Using Landsat-ETM Satellite Image. TS9 Marine Cadastre and Coastal Zone Management. 3rd FIG Regional Conference, October 3-7, 2004. Jakarta, Indonesia
- Hapke CJ, Himmelstoss EA, Kratzmann MG, List JH, Thieler ER. 2010. National Assessment of Shoreline Change: Historical Shoreline Change along the New England and Mid-Atlantic Coasts. USGS Report: 2010-1118
- Harris M, Brock J, Nayegandhi A, Duffy M. 2005. Extracting Shorelines from NASA Airborne Topographic Lidar-Derived Digital Elevation Models. USGS Report: 2005–1427

- Himmelstoss EA. 2009. "DSAS 4.0 Installation Instructions and User Guide" in: Thieler, E.R., Himmelstoss, E.A., Zichichi, J.L., and Ergul, Ayhan. 2009 Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0 — An ArcGIS extension for calculating shoreline change: U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278.
- Kasim F. 2011A. Penilaian kerentanan pantai menggunakan metode integrasi CVI-MCA dan SIG, studi kasus; garis pantai pesisir Utara Indramayu. [Thesis] Jurusan Ilmu Kelautan. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor
- . 2011B. Laju Perubahan Garis Pantai Menggunakan Modifikasi Teknik Single Transect (ST) dan Metode End Point Rate (EPR): Studi Kasus Pantai Sebelah Utara Indramayu, Jawa Barat. *Jurnal Ilmiah Agropolitan*, 4 (2): 588-600
- Limber PW, List JH, Warren JD. 2007. Investigating Methods of Mean High Water Shoreline Extraction from Lidar Data and the Relationship between Photo-derived and Datum-based Shorelines in North Carolina. <http://dcm3.enr.state.nc.us/>
- Lipakis M, Chrysoulakis N, Kamarianakis Y. 2008. Shoreline Extraction Using Satellite Imagery. <http://www.beachmed.it/>
- Morton RA and Miller T L. 2005. National assessment of shoreline Change: Part 2: Historical shoreline changes and associated coastal land loss along the U.S. Southeast Atlantic Coast. USGS Report: 2005-1401
- Ruiz LA, Pardo JE, Almonacid J, Rodríguez B, 2007. Coastline Automated Detection and Multiresolution Evaluation Using Satellite Images. *Proceedings of Coastal Zone 07*. Portland, Oregon. July 22 to 26, 2007
- Thieler ER, O'Connell JF, Schupp CA. 2001. The Massachusetts Shoreline Change Project: 1800s to 1994; Technical Report. USGS Adm Report NOAA
- Vitousek S, Barbee MM, Fletcher CH, Richmond BM, Genz AS. 2009. Pu'ukoholā Heiau National Historic Site and Kaloko- Honokōhau Historical Park, Big Island of Hawai'i. Coastal Hazard Analysis Report. NPS Geologic Resources Division
- Winarso GJ, and Budhiman S, 2001. The Potential Application Remote Sensing Data For Coastal Study. Paper presented at the 22nd Asian Conference on Remote Sensing, 5 - 9 November 2001, Singapore. Centre for Remote Imaging, Sensing and Processing (CRISP), National University of Singapore; Singapore Institute of Surveyors and Valuers (SISV); Asian Association on Remote Sensing (AARS)

Zhao B, Guo H, Yan Y, Wang Q, Li B. 2008. A Simple Waterline Approach for Tidelands Using Multi-temporal Satellite Images: A case Study in the Yangtze Delta. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 77: 134-142